

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení



Pneumaticky poháněné zavírání vlakových dveří

Pneumatic mechanism for closing of train door

Bakalářská práce

Student:

Tadeusz Czapla

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák Ph.D.

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student: **Tadeusz Czapla**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Pneumaticky poháněné zavírání vlakových dveří**
Pneumatic Mechanism for closing of Train Door

Zásady pro vypracování:

Navrhněte pneumatický mechanismus pro otevírání a zavírání posuvných vnitřních dveří v osobních železničních vozech. Délka posuvu dveří je 0,9 m, hmotnost dveří 20 kg. Ovládání má být realizováno dvěma tlačítky (otevřít, zavřít) na každé straně dveří. Pokud zůstanou dveře otevřeny, mají se po určité době zavřít. Dále je třeba do řídicího obvodu zapracovat ochranu cestujících proti přivření. Vypracujte následující body:

1. Popište současný stav řešení dané problematiky
2. Navrhněte pneumatický obvod dle uvedených požadavků
3. Provedte simulaci funkce obvodu v programu Automation Studio a praktické ověření v laboratoři
4. Navrhněte a specifikujte jednotlivé prvky obvodu

Seznam doporučené odborné literatury:

KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. 1. vydání. ISBN 80-7078-306-0
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-69470-0
DOSTÁL, J.; HELLER, P. *Kolejová vozidla I*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007. 119 s. ISBN 978-80-7043-520-5
KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Pavel Benda**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tadeusz Czapla

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Třinec, Konská 40, 73961, ČR

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

CZAPLA, T. *Pneumaticky poháněné zavírání vlakových dveří : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2010, 37 s. Vedoucí práce: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem pneumatického obvodu pro ovládání vnitřních oddílových dveří v železničních vozech hromadné dopravy. Navrhovaný pneumatický mechanismus má splňovat funkce a požadavky uvedené v zadání bakalářské práce, konkrétně ovládání dvěma tlačítky „otevřít“ a „zavřít“ na obou stranách dveří, automatické zavření po uplynutí časového intervalu, bezpečnostní funkce proti přivření cestujících. Práce obsahuje stručný teoretický rozbor, zabýval jsem se rovněž alternativními způsoby řešení zadané problematiky. Při návrhu pneumatického obvodu podle zadání jsem vycházel z jednoduchého pneumatického obvodu pro vyvození přímočarého pohybu, ke kterému jsem postupně přidával prvky, zajišťující splnění požadovaných funkcí. Součástí bakalářské práce bylo i namodelování navrženého obvodu ve vhodném softwaru a praktické odzkoušení na trenažeru ve školní laboratoři pneumatických mechanismů. V příloze je datové CD s krátkými videi znázorňujícími funkci mechanismu, dalšími přílohami jsou dva výkresy navržených obvodů.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

CZAPLA, T. *Pneumatic mechanism for closing of train door : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2010, 37 p. Thesis head: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

This Bachelor Work deals with a concept of pneumatic network for inside door operating in a railway compartment coaches of mass transport. The proposed pneumatic mechanism has to fulfill the functions and requirements mentioned in Bachelor Work order, concretely door operating by two buttons „open“ and „close“ on both sides of the door, automatic closing the door after finishing the time interval, safety function against squeezing the travellers. This work contains brief theoretical analysis. I also concerned with alternative ways of solving this problem. When working on the pneumatic network according to an order I started from a simple pneumatic network for straight-lined movement, then step by step I added elements to fulfill the required functions. A part of the Bachelor Work was also modeling of the network proposed in a suitable software and practic testing on a triner in a pneumatic mechanism school laboratory. In a suplement, there is a data CD with short videos representing mechanism function, next two supplements create plans for suggested networks.

Obsah:

1	ÚVOD.....	6
2	TEORETICKÝ ROZBOR.....	8
2.1	Popis současného stavu řešení zavírání vlakových dveří	8
2.2	Pneumatické dvevní mechanismy a jiné druhy pohonu.....	11
2.3	Pneumatické vnitřní oddílové dveře v elektrických jednotkách 471 (City Elephant) vyráběných v závodech Škoda Vagónka a.s.....	12
2.3.1	Popis dveří (zavěšení, vedení dveří)	12
2.3.2	Opatření proti přičení	13
2.3.3	Pneumatický pohon.....	14
2.3.4	Ovládání (bezpečnostní prvky, opatření proti přivření)	16
3	NÁVRH PNEUMATICKÉHO OBVODU.....	18
3.1	Zadané parametry a požadavky na funkci mechanismu	18
3.2	Základní pneumatický obvod	18
3.3	Realizace ovládání dveří dvěma tlačítky („otevřít“, „zavřít“).....	19
3.4	Řešení automatického zavírání po uběhnutí časového intervalu.....	20
3.5	Řešení bezpečnostní funkce proti přivření cestujících	22
3.6	Finální podoba navrženého obvodu	23
3.7	Alternativní řešení realizace zadaného mechanismu.....	24
3.7.1	Ovládání jedním tlačítkem	24
3.7.2	Použití elektronické karty a elektronických prvků	25
4	SIMULACE FUNKCE OBVODU V PROGRAMU AUTOMATION STUDIO A PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ V LABORATOŘI.....	27
4.1	Simulace v programu Automation Studio.....	27
4.2	Praktické ověření sestavením obvodu v laboratoři	28
5	NÁVRH A SPECIFIKACE PRVKŮ.....	30
5.1	Výpočet pro návrh pneumatického válce:	30
5.2	Volba prvků.....	32
6	ZÁVĚR.....	34
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	36
8	SEZNAM PŘÍLOH.....	37

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Fyzikální symboly

Symbol	Jednotka	Popis
a	[1]	součinitel pasivních odporů
D	[mm]	průměr pístu navrhnutého pneumatického válce
D'	[mm]	vypočtený průměr pístu
F	[N]	výsledná zátěžná síla
F _D	[N]	tíhová síla dveří
F _K	[N]	síla zatěžující kolečko jezdce
F _O	[N]	síla přidavných odporů
F _P	[N]	síla vyvozována pneumatickým válcem
F _{TK}	[N]	síla pasivních odporů od koleček jezdce lineárního vedení
F _{TP}	[N]	síla vnitřních pasivních odporů pneumatického válce
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
h	[mm]	šířka dveří
p	[MPa]	tlak
r	[mm]	poloměr kolečka jezdce lineárního vedení
S	[mm ²]	plocha pístu pneumatického válce
ξ	[mm]	rameno valivého odporu

Pneumatické zkratky

Zkratka	Popis
AND	dvojitlaký ventil, plnicí logickou funkci „a“
OR	přepínací ventil, plnicí logickou funkci „nebo“
3/2 NC	třícestný, dvoupolohový rozváděč, v normální poloze uzavřený
5/2	pěticestný, dvoupolohový rozváděč

1 Úvod

Rozvoj pneumatiky

Pneumatické mechanismy a jejich aplikace doznaly v posledním desetiletí značného rozšíření. Pronikají do stále většího počtu odvětví průmyslu. Od strojírenství, až k potravinářství, od automatizovaných výrobních automobilových linek, až k mechanismům pro zavírání dveří chladících boxů. Hlavní příčinou rostoucího počtu aplikací je intenzivní průnik elektroniky do ovládání pneumatických prvků. Na rozdíl od mechanismů hydraulických postačují pro řízení mechanismů pneumatických řídicí příkony v řádech miliwatt až desetin watt. Elektrické ovládání rovněž nabízí možnost automatizace řízení ovládaných procesů a jejich řízení prostřednictvím programových počítačových režimů. Dalšími faktory, které zapříčinily nárůst aplikací pneumatických mechanismů jsou miniaturizace, kompaktnost a v neposlední řadě také ekologičnost. I díky těmto vlastnostem našly pneumatické dveřní systémy své použití v dopravních prostředcích.

Hromadná doprava osob a dveře

Dveře tvoří jeden ze základních komponentů vozidel hromadné přepravy osob, a to jak z hlediska požadovaných funkcí, tak z hlediska bezpečnosti cestujících. Podle typu a určení vozidla mohou být dveře ovládané mechanicky, pneumaticky či elektricky. Křídla dveří pak mohou být lepené, sendvičové konstrukce nebo rámové, svařované nebo jen dřevěné. Do křídla dveří může být různým způsobem vsazeno jednoduché bezpečnostní sklo, dvojsklo nebo jiná výplň. Na skla dveří jsou umísťovány nejrozličnější reflexní prvky a značky aby nedošlo k jeho případnému přehlédnutí. Dveře mohou být vybaveny samostatnou, programovatelnou, mikroprocesorovou řídicí jednotkou a mohou být vybaveny bezpečnostními prvky proti přivření cestujících. Pneumatické dveře jsou používány hlavně v autobusech a vlacích, ať už jako dveře vnější - vstupní, tak jako dveře vnitřní - oddílové. Příklady použití pneumatických dveří jsou na následujících obrázcích (*Obrázek 1, Obrázek 2*).



Obrázek 1: Pneumatické dveře autobusu



Obrázek 2: Vlakové vnější pneumatické dveře

Ve této práci se budu zabývat návrhem pneumatického mechanismu pro ovládání vnitřních oddílových dveří v železničních vozech. S žádostí o spolupráci jsem se obrátil na společnost Škoda Vagónka a.s. v Ostravě. Bylo mi umožněno nahlédnout do výrobního procesu vozů 471 (City Elefant). Prohlédnout si prostory dveří od přípravy výztuh ve hrubé konstrukci vozu, přes postupnou montáž dveřního mechanismu, až k finálnímu výsledku. Informace získané ve společnosti Škoda Vagónka jsem hojně použil při celkovém řešení bakalářské práce a vytváření vlastního pohledu na řešený problém.

2 Teoretický rozbor

2.1 *Popis současného stavu řešení zavírání vlakových dveří*

Pneumatický mechanismus je mechanismus, který pracuje se stlačeným vzduchem jako nositelem energie. Přeměňuje energii stlačeného vzduchu na energii mechanickou, respektive na vykonanou práci. Výstupem přeměny energie pneumatickým mechanismem může být přímočarý, rotační nebo kývavý pohyb, tlakové, silové či momentové působení.

Stlačený vzduch ve vlacích je získáván nasáváním a úpravou okolního vzduchu. Výroba stlačeného vzduchu je dosti náročný proces a ve srovnání s jinými pohony i jeho cena vychází nejdráž. Zdrojem stlačeného vzduchu jsou kompresory. Stlačený vzduch pro pneumatické mechanismy musí dosahovat určitých parametrů [3], a proto i ve vlacích musí být pneumatický obvod vybaven jednotkou pro úpravu stlačeného vzduchu. Před kompresí musí být nasávaný vzduch filtrován pro zbavení hrubých nečistot, řádově nad desítky mikrometrů, poté může být stačen. Z rozvodu stlačeného vzduchu se mohou opět shromažďovat pevné nečistoty, takže na vstupu stlačeného vzduchu do vlastního pneumatického obvodu mechanismu musí být další filtr, který zajistí filtraci na požadovanou hodnotu podle použitých prvků. Pro přímočaré pneumomotory se filtruje na 5 mikrometrů, u rotačních na 25 – 40 mikrometrů [1, s. 33]. Vzduch pro pneumatické mechanismy musí být zbaven vlhkosti a vody, to je zajištěno použitím sušičky případně pak i odlučovače kondenzátu. U některých pneumatických mechanismů je i požadavek na přimazávání prvků médiem obohaceným olejovou mlhou, pro ovládání dveřních systémů ve vlacích se však toto přimazávání nepoužívá.

Dveřní mechanismus je založen většinou na kyvném nebo přímočarém pneumomotoru v závislosti na tom, jaký druh pohybu chceme vyvodit. Ve vlacích se pneumatické dveře realizují v převažující většině jako posuvné s použitím přímočarého pneumatického válce. Jeho použití je dáno hlavně požadavky na úsporu prostoru, protože posuvné dveře mohou být vtaženy do přepážky mezi jednotlivými vlakovými oddíly a tím zabírají minimum místa. Na rozdíl od dveří otočných, které zabírají podstatně víc místa. Navíc s šířkou dveřního otvoru roste i množství nevyužitelného prostoru na straně, na kterou se dveře otvírají.

Výběr přímočarého pneumatického válce pro dveřní mechanismus je dán parametry křídla ovládaných dveří, hlavně jejich hmotností a šířkou. Na základě toho zvolíme pneumomotor daného zdvihu, vyvolující dostatečnou sílu. Výhodou pneumatických mechanismů je množství nejrozumnějších konstrukčních provedení pneumatických válců a hlavně jejich malé rozměry ve srovnání s jinými mechanismy. Fenomémem tohoto odvětví jsou pak bezpístnicové pneumatické válce, které se pro ovládání posuvných vlakových dveří používají nejčastěji. „Jejich princip vychází z pohyblivého pístu ve válci, jehož posuvný pohyb se nepřenáší pístnicí, ale buď pružným kovovým páskem nebo lanem spojeným s unášecí přírubou, nebo působením uzavřeného magnetického pole permanentních magnetů, umístěných v pohyblivém pístu a na unášecím kroužku“ [2, s. 52]. Popřípadě může být jezdec připevněn přímo k pístu pneumomotoru [1, s. 16]. Největší výhodou těchto pohonů je úspora místa u přímočarých motorů větších zdvihů a dosažení mimořádně velkých zdvihů – až 12 m [2, s. 52]. Záleží pak na prostorových podmínkách konkrétní aplikace a na konstruktérovi, pro který z uvedených pneumomotorů se rozhodne.

Základním řídícím prvkem všech pneumatických mechanismů jsou rozváděče, které slouží k hrazení a řízení směru průtoku stlačeného vzduchu. I u těchto prvků se setkáme s nepřehlednou škálou nejrozumnějších konstrukčních provedení [1, s. 25; 2, s. 110]. Obvod ovládání pneumatických vlakových dveří zpravidla není příliš komplikovaný, a postačí si se základními provedeními rozváděčů [8, s. 5]. S jednoduchostí pak jde ruku v ruce i úspora finančních prostředků. Výhodou pneumatických mechanismů je zbytečnost zpětného vedení média, když stlačený vzduch je po vykonání práce vyfukován do okolí. I díky tomu si postačí při návrhu řídících prvků dveřního systému s nejobyčejnějšími rozváděči 3/2 NC – třístennými, dvupolohovými, v normální poloze uzavřenými. Z nichž jeden bude řídit pohyb v jednom směru, druhý v opačném. Rozváděče bývají sdružovány do tzv. ovládacích desek, jejichž součástí pak mohou být další prvky jako redukční ventil s manometrem pro nastavení hodnoty pracovního tlaku, či také další rozváděč plnicí funkcí hlavního uzavěru přívodu pracovního média [8, s. 5]. Ovládací desky lze pak díky kompaktnosti všech prvků pohodlně montovat na speciální montážní lišty, které zajišťují přehledné uspořádání ovládacích i ostatních prvků uvnitř skříně mechanismu.

Důležitým parametrem celého systému je rychlost zavírání dveří. Její regulace je realizována škrticími ventily. Ty změnou průtočného průřezu regulují průtok pracovního média a tím rychlost pohybu pístu pneumomotoru. Škrticí ventily se

nejčastěji kombinují s jednosměrnými ventily, díky čemuž je zajištěn řízený průtok v jednom směru, a neřízený (neškrcený) ve směru opačném [1, s. 29; 2, s. 128]. Škrcení může probíhat na vstupu nebo výstupu systému. Při škrcení na vstupu by však mohl nastat nežádoucí jev, tzv. stick-slip, neboli trhavý nerovnoměrný pohyb, proto se volí škrcení na výstupu, což zajišťuje plynulost řízeného pohybu. Škrťací ventily se montují co nejblíže ovládanému prvku, aby byly minimalizovány ztráty ve vedení.

Ovládání pneumatického mechanismu může být opět různé. Vystačili bychom si i pouze s pneumatickými prvky, ale to by v případě použití u vlakových dveří nebylo zrovna praktické, nemluvě o požadavku na úsporu prostoru. Jak již bylo poznamenáno, pneumatické mechanismy zažívají v posledních letech období intenzivního rozvoje hlavně díky průniku elektroniky do těchto systému [1, s. 90]. Ovládací systémy vlakových dveřních mechanismů jsou pak ve většině případů zcela elektronizovány, mnohdy pak i spojeny s palubním počítačem v kabině strojvedoucího. Ten je může na dálku ovládat, čehož je využíváno hlavně u vnějších nástupních dveří. Vnitřní oddílové dveře mohou být ovládány dvojím způsobem. Buďto jedním tlačítkem, nebo dvěma. Dveře bývají vybaveny elektrickou řídicí jednotkou [8, s. 6], která zpracovává signály o poloze pístu (respektive o otevření/zavření dveří), signály z pohybového snímače chránícího před přivřením cestujících, odpočítává dobu samovolného zavření. Není proto větším problémem nastavit tuto jednotku tak, aby byla řízena jedním tlačítkem. Díky ovládání jedním tlačítkem vzniká konstrukční úspora, jednoznačné ovládání dveří cestujícími, mizí problémy s označováním tlačítek (barevné rozlišení, textový popis). Nové evropské normy pak pamatují i na nevidomé cestující, když popisují konkrétní požadavky na ovládací tlačítka, která by měla být vybavena rastroem pro snadnější nahmatání. V případě závady na pneumatickém mechanismu mívají dveře zpravidla prvky usnadňující otvírání a zavírání, např. misky. Popřípadě mohou být dveře zajištěny v krajní otevřené poloze [5].

U automatizovaných dveřních systémů se klade velký důraz na bezpečnost uživatelů, v našem případě cestujících. Musí být zajištěna ochrana proti přivření a tím způsobeným možným zraněním. Nejběžnějšími bezpečnostními prvky jsou pryžové lemovací lišty na dosedacích hranách. Mohou být obyčejné, pouze těsnící a chránící před hranami dveří (u vnitřních oddílových dveří), nebo mohou být vybaveny tzv. tlakovou lištou připojenou ke snímači. V případě přivření míří impuls z tlakové lišty do řídicí jednotky dveří a přerušuje zavírání. Tyto tlakové lišty se ale používají většinou u vnějších nástupních dveří vlaku. Pro vnitřní oddílové dveře se spíše používají pohybové

senzory, které snímají prostor přede dveřmi, jsou rovněž spojeny s elektronickou řídicí jednotkou dveří. Jiným způsobem ochrany proti přivření je nastavení doby zavírání dveří. Tento čas se nastaví v elektronické řídicí jednotce dveří. Po stisknutí tlačítka zavírání, dostává řídicí jednotka signál a začíná počítat nastavenou dobu. Dojde-li k přivření osoby či předmětu, dveře nedojedou do koncové polohy a bude tak překročena nastavená doba zavírání. Po překročení tohoto intervalu řídicí jednotka dveří automaticky přerušuje zavírání a znovu dveře otevírá.

2.2 Pneumatické dveřní mechanismy a jiné druhy pohonu.

Nyní se pokusím krátce uvést další způsoby ovládání vlakových dveří, a zamyslím se nad klady či zápory jejich použití ve srovnání s mechanismy pneumatickými. Dalšími mechanismy, které by tuto funkci mohly zastávat jsou pohony hydraulické a elektrické. Hydraulický pohon by ale v tomto odvětví neměl žádnou šanci na úspěch, neboť by přibýly další zbytečné starosti s údržbou mechanismu, netěsnostmi, vznikem průsaků a tím znečišťováním okolí. Myslím, že více argumentů není třeba uvádět, snad možná jen, že i cenově by vyšel tento mechanismus v konečném součtu o mnoho draž. Podstatně lépe je na tom pohon elektrický, který se dokonce pro použití pro ovládání stejných dveří již montuje. Hlavním nedostatkem u tohoto pohonu ale je skutečnost, že elektromotory jsou konstruovány jako rotační, a proto pro vyvození přímočarého pohybu je třeba použít speciálních vedení (systém šroub-matice, pastorek-ozubená tyč, kulička-šroub), na rozdíl od pneumatických válců které jsou konstruovány běžně i jako přímočaré. Dalším rozdílem je udržení otevřené či zavřené polohy. Jelikož je pneumatický mechanismus stále pod tlakem, udrží dveře v přesné poloze po celou dobu, a nevznikají mezery, u venkovních dveří pak netěsnosti jimiž například uniká teplo, nebo naopak pronikají dovnitř kapičky deště apod. Toho lze jen stěží dosáhnout u elektrického pohonu, který dotočí dveře do krajní polohy, poté se vypne a sám o sobě nijak uzavřenou polohu nezjišťuje. Jinou skutečností, nahrávající zase spíše elektrickým pohonům u vlakových dveří je to, že vlak je sám o sobě strojem elektrickým, a má neustálý přísun elektrické energie a tím odpadají starosti s jejím zdrojem. Kdyžto u pneumatického systému je třeba kompresor pro výrobu stlačeného vzduchu, jednotku pro jeho úpravu. V neposlední řadě i rozvod a montáž, s přihlédnutím na požadavky na čistotu, jsou složitější než u pohonu elektrického. Posledním pohonem, který jsem ještě nepopisoval je mechanické ovládání. Jeho hlavním kladem je nepochybně cena, která je ze všech způsobů pohonu zcela nejnižší, mechanické ovládání však může být obtížné

zejména pro handicapované cestující, pro které jsou nepochybně automatizované dveře pohodlnější. V úvahu tedy přicházejí pouze pohony elektrické a pneumatické, z nichž každý má své klady a zápory, a tudíž si na tomto místě netroufnu říct, který pohon je pro použití pro ovládání vlakových dveří vhodnější.

2.3 Pneumatické vnitřní oddílové dveře v elektrických jednotkách 471 (City Elephant) vyráběných v závodech Škoda Vagónka a.s.

V jednotce 471, v povědomí veřejnosti známé jako vlak City Elephant, jsou montovány oddílové dveře „850 oddíl P“ dodávané firmou Pars Komponenty a.s [8]. Tyto dveře slouží k oddělení jednotlivých prostor pro cestující uvnitř vozu. Svými rozměry a provedením umožňují bezbariérový přístup do oddílu i handicapovaným cestujícím.

2.3.1 Popis dveří (zavěšení, vedení dveří)

Křídlo dveří je tvořeno rámem křídla svařeným z profilu z hliníkových slitin. Do rámu je vlepena tabule z bezpečnostního skla. V horní části křídla se nachází šrouby pro uchycení na nosič mechanismu dveří. Mechanismus dveří se skládá ze svařovaného rámu, na kterém je uchyceno lineární vedení (*Obrázek 3*) a bezpístnicový pneumatický válec. Boční schéma na *Obrázek 6*. Křídlo dveří je zavěšeno na nosiči pomocí upevňovacích šroubů. Nosič je uchycen na jezdcích lineárního vedení (*Obrázek 4*) a je spojen s jezdcem pneumomotoru. Na rámu je uchycen snímač pohybu (*Obrázek 5*) zabráňující přivření cestujících. Dolní vedení dveří zajišťuje vodítko ve spodní části dveří, vodící kolejnice a nájezd uchycený na podlaze.



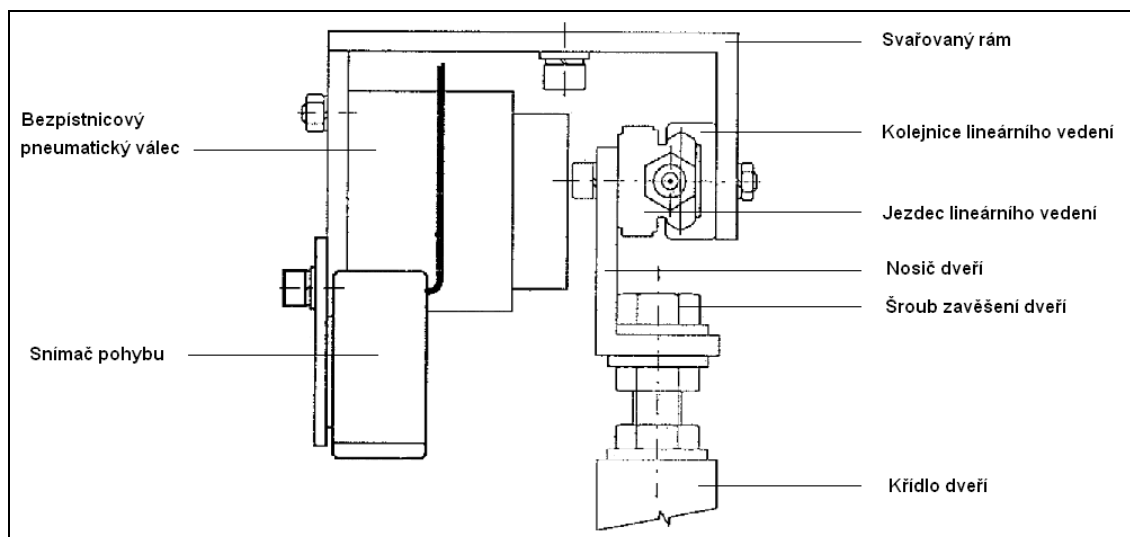
Obrázek 3: Kolejnice lineárního vedení Rollon



Obrázek 4: Zavěšení dveří na jezdcí lineárního vedení pomocí šroubu



Obrázek 5: Pohybový snímač připevněný na rámu mechanismu

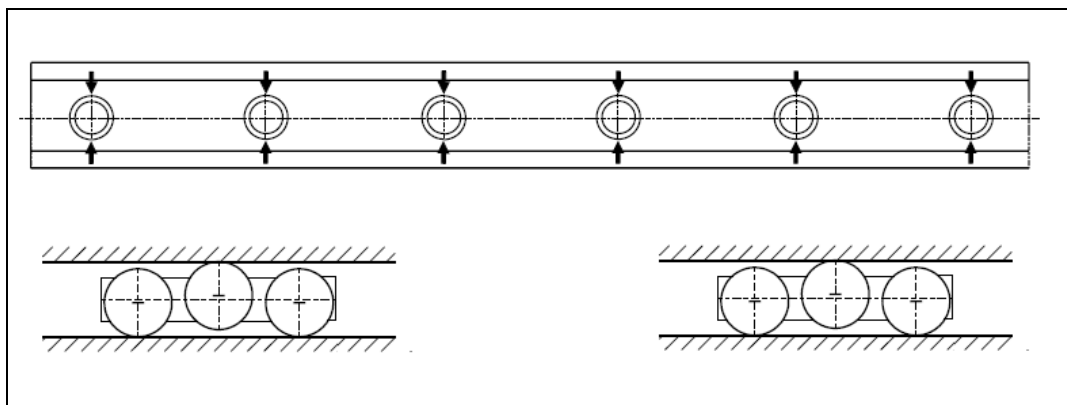


Obrázek 6: Boční schéma pohybového mechanismu

2.3.2 Opatření proti přičení

Přičení omezuje konstrukční provedení lineárního vedení a uspořádání koleček jezdce [6]. V tomto případě jsou dveře zavěšeny na dvou jezdcích, díky čemuž je rovnoměrněji rozložena tíhová síla. Přesto se určitá příčná síla vyskytuje. Druhým faktorem zajišťujícím kompenzaci příčné síly je počet a uspořádání koleček jezdce

(Obrázek 7). Vyráběny jsou tři a více-kolečková uspořádání. Kolečka se pohybují v kolejnici v drážkách různého tvaru, které jsou však jak ve spodní, tak i v horní části kolejnice. Ze soustavy koleček je jedno (nebo více, záleží na konstrukčním provedení) nadzvednuto nad ostatní tak, aby se pohybovalo v horní drážce. Jezdec je pak pevně upevněn v kolejnici, a tím je příčení téměř zcela eliminováno.

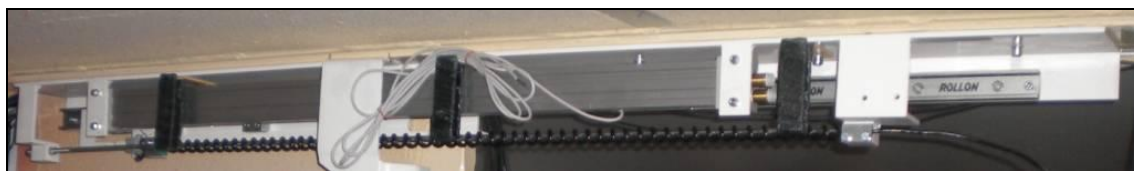


Obrázek 7: Uspořádání koleček jezdce

2.3.3 Pneumatický pohon

Podrobnému rozboru problematiky je věnována kapitola 2. Proto bude tato část pojata pouze jako znázorňovací fotodokumentace.

Pneumatický válec

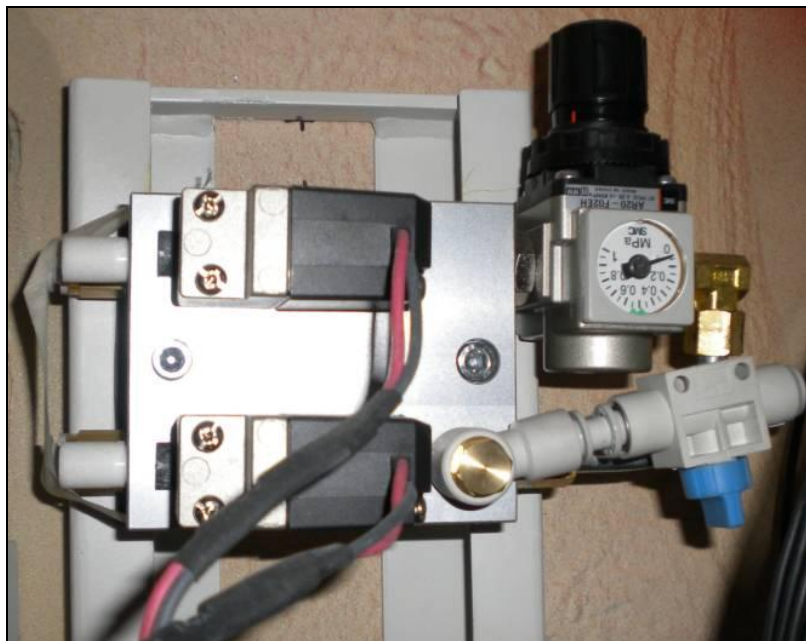


Obrázek 8: Bezpístnicový pneumatický válec SMC

Řídící část pneumatického mechanismu – ovládací deska (Obrázek 9, Obrázek 10)

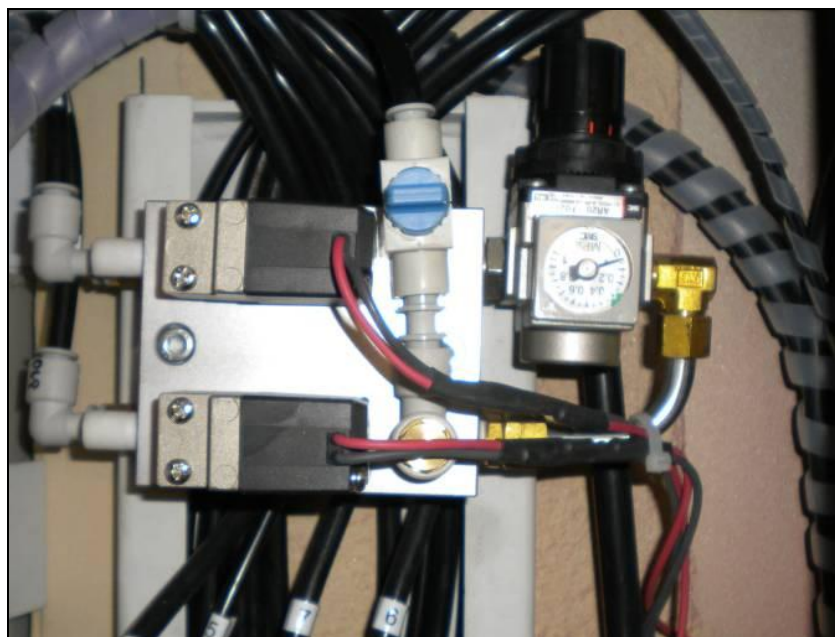
- tvořena dvěma 3/2 NC rozvaděči ovládanými elektromagneticky, vracenými pružinou, redukčním ventilem s manometrem a uzavíracím ventilem hlavního přívodu stlačeného vzduchu,
- připevněna ke stěně na speciálním nosiči umožňující přehledné uspořádání ovládacích desek a jiných prvků pneumatického obvodu, nejen ovládání oddílových dveří ale i dveří vnějších,

- bývá spojena s elektronickou ovládací kartou zajišťující potřebné funkce dveřního mechanismu,



Obrázek 9: Ovládací deska nepřipojena ke zdroji stlačeného vzduchu.

- pro zamezení vniknutí nečistot do ovládací desky jsou vstupy a výstupy před zapojením chráněny lepicí páskou,



Obrázek 10: Ovládací deska připojená ke zdroji stlačeného vzduchu.

- rozvod stlačeného vzduchu je realizován plastovými hadicemi průměru 8 mm.

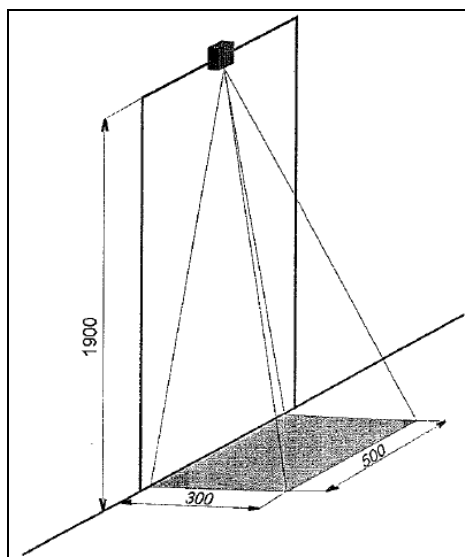
2.3.4 Ovládání (bezpečnostní prvky, opatření proti přivření)

Dveře jsou ovládány pomocí pneumatického bloku a elektronického řídicího systému tlačítka umístěnými na křídle dveří z obou stran. Informaci o stavu zavřených dveří řídicímu systému předává magnetický snímač, který je umístěn na pneumatickém válci (*Obrázek 5*). V případě poruchy je možné křídlo ovládat ručně pomocí misek (*Obrázek 11*). Podle potřeby mohou být dveře vybaveny zámek pro zajištění v krajní poloze, případně dalšími doplňky. Přední i zadní hrana dveří je lemována pryžovými profily, které zabraňují zranění cestujících.



Obrázek 11: Ovládání dveří

Ochrana proti přivření je zajištěna snímačem pohybu, na kterém lze nastavit velikost snímaného prostoru (*Obrázek 12*). Snímač předává informaci elektronické řídicí jednotce, která poté podle potřeby zavírá či otvírá dveře.



Obrázek 12: Snímaný prostor

Z bezpečnostních důvodů, aby nedošlo k případnému přehlédnutí cestujícími, je sklo dveří vybaveno reflexním potiskem a dalšími informačními nálepkami, např. třída oddílu, bezbariérový přístup, nekuřácký oddíl (*Obrázek 13*).



Obrázek 13: Bezpečnostní potisk, informační nálepky

3 Návrh pneumatického obvodu

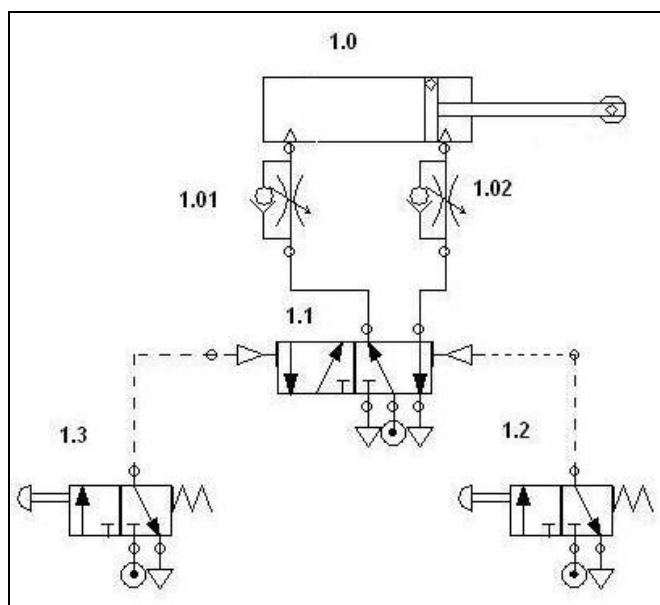
3.1 Zadané parametry a požadavky na funkci mechanismu

Úkolem řešení bakalářské práce je sestavení pneumatického obvodu pro zavírání posuvných vnitřních dveří v osobních železničních vozech. Délka posuvu dveří je 0,9m, hmotnost dveří je 20 kg. Ovládání má být realizováno dvěma tlačítky (otevřít, zavřít) na každé straně dveří. Pokud zůstanou dveře otevřeny, mají se po uplynutí určité doby zavřít. Do řídicího obvodu je také třeba zapracovat funkci pro ochranu cestujících proti přivření.

Při navrhování pneumatického obvodu vycházím z nejjednoduššího obvodu pro vykonání elementární funkce - vyvození přímočarého posuvného pohybu. Postupně budou přidávány jednotlivé pneumatické prvky pro splnění všech požadovaných funkcí. Přidané funkce a prvky pak budou popsány v jednotlivých kapitolách.

3.2 Základní pneumatický obvod

Základní pneumatický obvod (*Obrázek 14*) tvoří dvojčinný pneumatický válec (1.0), hlavní rozváděč (1.1), a dvě tlačítka, pro ovládání vysouvání a zasouvání pístnice.



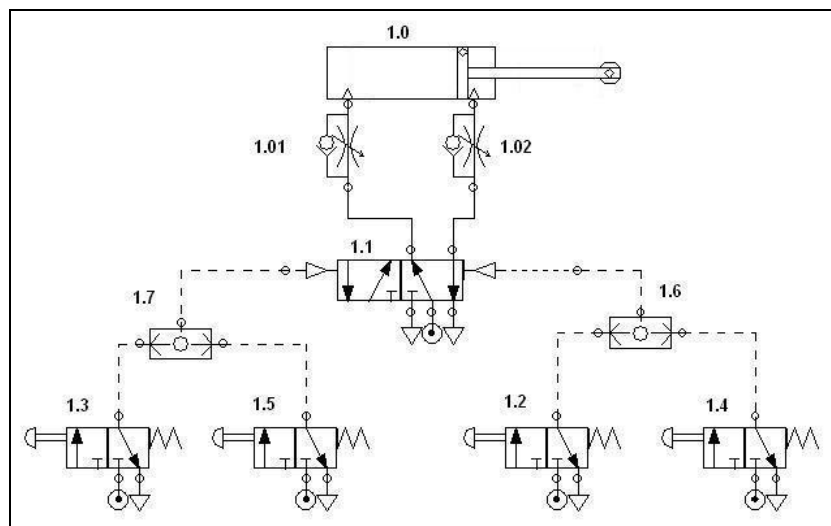
Obrázek 14: Základní pneumatický obvod dveří

Pro přehlednější zobrazení při řešení zadaného úkolu je na obrázku (*Obrázek 14*) zakreslen obyčejný dvojčinný přímočarý pneumatický válec, v praxi však je výhodnější

použití bezpístnicového pneumomotoru (viz kap. 2.1). Obvod je navrhován tak, že základní poloha pístnice je vysunutá, čímž jsou dveře zavřené. Toto platí pro všechna další schémata i obvody v přílohách. Jelikož bude v praxi použit právě bezpístnicový pneumatický válec, je základní poloha pístnice při návrhu obvodu pouze ilustrativní, tudíž nehraje důležitou roli. Hlavní řídicí rozvaděč (1.1) je zvolen z řady běžně vyráběných konstrukcí, neboť navržení speciální konstrukce rozvaděče by mělo nepříznivý vliv na cenu mechanismu. Hlavní rozvaděč je pěticestný, dvoupolohový, bistabilní, ovládaný pneumaticky (řídicím tlakem). Ovládání pomocí tlačítek bude podrobně popsáno v další kapitole. Do základního obvodu byly začleněny i dva škrťací ventily (1.01,1.02) pro řízení rychlosti vysouvání a zasouvání pístnice. Škrceň probíhá na výstupu z pneumatického válce (vlastnosti zapojení, viz kap. 2).

3.3 Realizace ovládání dveří dvěma tlačítky („otevřít“, „zavřít“)

K základnímu pneumatickému obvodu (znázorněnému na *Obrázek 14*) nyní přidám prvky, zajišťující splnění požadavků na ovládání dveří podle zadání. Ovládání dvěma tlačítky je realizováno pomocí tlačítek „otevřít“ a „zavřít“ na obou stranách křídla vnitřních oddílových dveří. Dveře tedy budou otvírány stiskem tlačítka buď z jedné, nebo z druhé strany. Z toho vyplývá, že řídicí signál pro přestavení hlavního rozvaděče může přicházet jak od dvou prvků (tlačítek „otevřít“) pro zasouvání pístnice – otvírání dveří, tak od dvou prvků (tlačítek „zavřít“) pro vysouvání pístnice – zavírání dveří. Aby bylo možné tento způsob ovládání realizovat, musíme použít logický prvek „nebo“ (OR), který reaguje přestavením hlavního rozvaděče do požadované polohy, po obdržení řídicího signálu od jednoho, nebo druhého prvku (tlačítka z jedné či z druhé strany dveří). Logický prvek „nebo“ použijeme v obou řídicích větvích hlavního rozvaděče, jak pro zasouvání, tak pro vysouvání pístnice. Navržený obvod, splňující požadavky na funkce ovládání, je znázorněn na *Obrázek 15*.



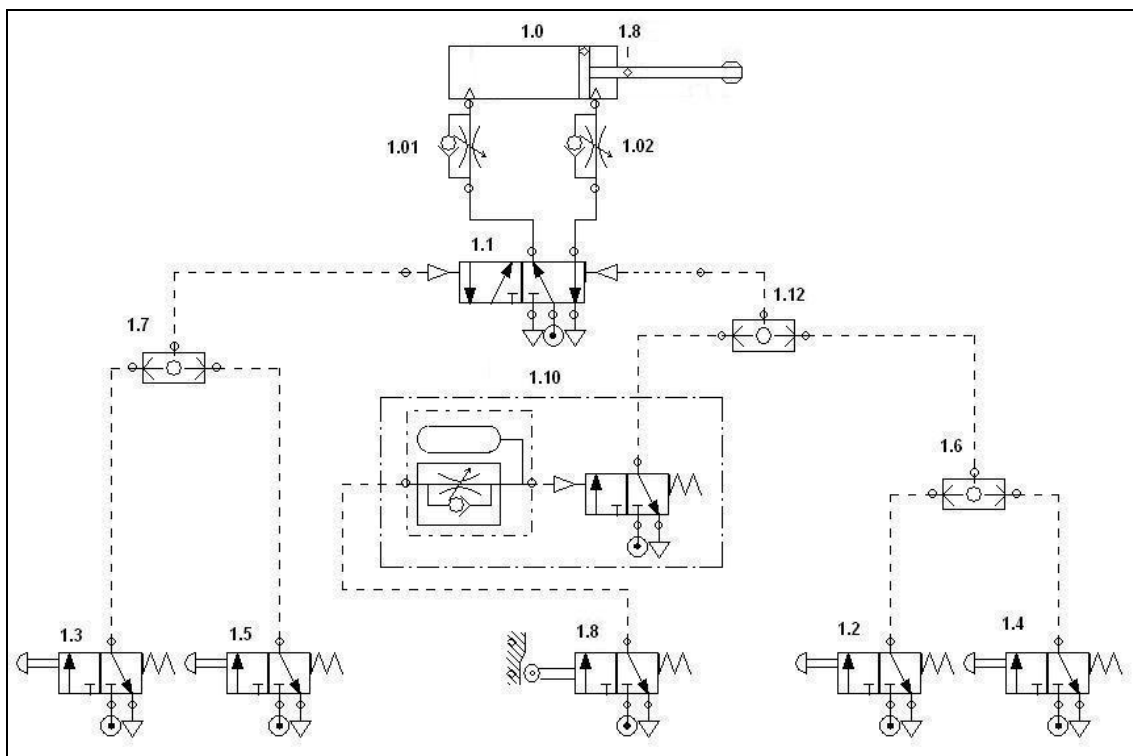
Obrázek 15: Obvod dveří pro ovládání dvěma tlačítky na obou stranách dveří

V obvodu na *Obrázek 15.* jsou jako tlačítka použity třicestné, dvoupolohové rozváděče, v normální poloze uzavřené, monostabilní - ovládané z jedné strany mechanicky - tlačítkem, z druhé strany vracené pružinou (3/2 NC). Lichými čísly jsou označeny tlačítka (1.3, 1.5) a logický prvek „nebo“ (1.7) řídící zasouvání pístnice, neboli otvírání dveří. Naopak sudými čísly jsou označeny tlačítka (1.2, 1.4) a logický prvek „nebo“ (1.6) řídící vysouvání pístnice, neboli zavírání dveří. Rovněž v tomto případě jsou všechny zvolené prvky z řady nejjednodušších běžně dostupných, tudíž i relativně cenově příznivých.

3.4 Řešení automatického zavírání po uběhnutí časového intervalu

Další požadovanou funkcí navrhovaného obvodu je automatické zavření dveří po uběhnutí daného časového intervalu. Pro zajištění této funkce použijeme pneumatische časové relé, které plní funkci říditelného zpožďovacího prvku. Pneumatické relé se skládá ze vzdušníku, škrticího ventilu s jednosměrným ventilem a třicestného, dvoupolohového monostabilního rozváděče, v normální poloze uzavřeného. Řídicí signál vstupující do relé prochází škrticím ventilem a putuje do vzdušníku. Škrticím ventilem regulujeme množství procházejícího proudu vzduchu, a tím také dobu naplňování vzdušníku. Vzdušník se plní tak dlouho, dokud tlak uvnitř něho nevzroste natolik, aby byl schopen přetlačit pružinu monostabilního rozváděče za vzdušníkem. Překoná-li řídicí tlak od vzdušníku sílu pružiny, je rozváděč časového relé, který je připojen ke zdroji tlaku, přestaven do propustné polohy. Řídicí tlakový signál postupuje ke zpožďovanému prvku, který následně koná svoji funkci. K časovému relé je nutné přivést řídicí signál, který jej začne plnit.

Odpočet intervalu pro automatické zavření dveří má začít, zůstanou-li dveře otevřeny. Tudíž je nutné do obvodu začlenit snímač koncové polohy otevření dveří, který odešle signál do časového relé. Po uplynutí časového intervalu nastaveného na relé, se dveře samy zavřou. Řešení této funkce znázorňuje *Obrázek 16*



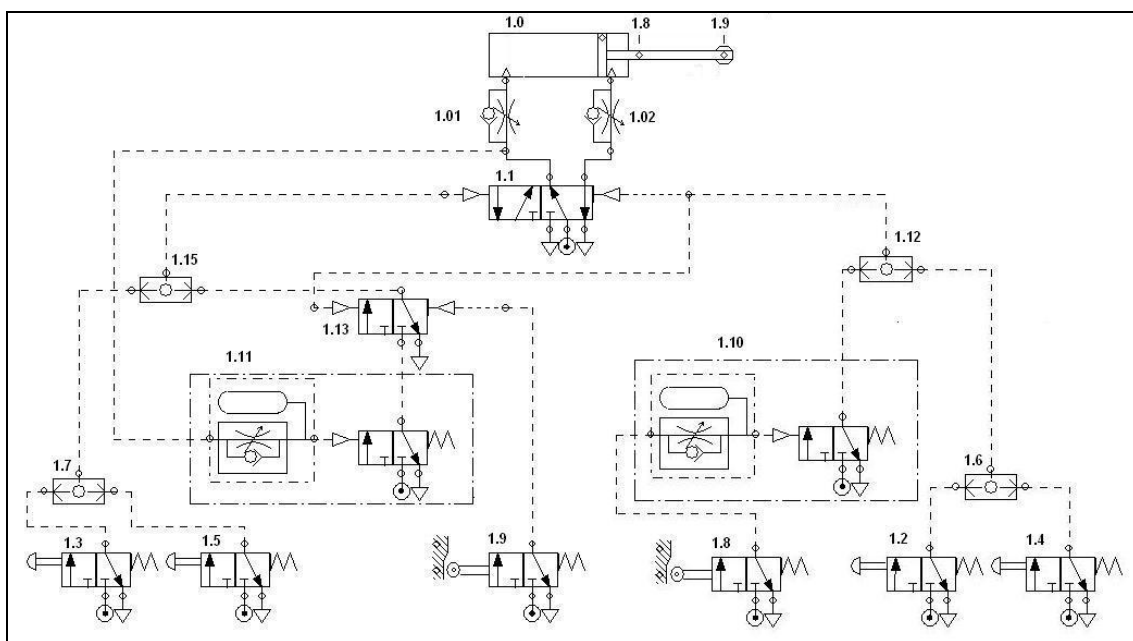
Obrázek 16: Obvod dveří s ovládáním dvěma tlačítky a automatickým zavíráním

K obvodu ovládanému dvěma tlačítky na obou stranách dveří (kap. 3.3) přibyl třetí ovládací prvek – pneumatické časové relé (1.10). Přívod řídicího tlaku do časového relé zajišťuje snímač polohy (1.8). Konstrukčně se jedná o monostabilní, třicestný, dvoupolohový rozváděč v normální poloze uzavřený, s mechanickým kontaktem, vracený pružinou. Po dojezdu pístnice do otevřené polohy dveří přesune mechanický kontakt rozváděč (1.8) do propustné polohy a řídicí tlak putuje do časového relé. Po uplynutí intervalu nastaveného na relé je řídicí signál předán dál. Kvůli časovému relé je nutné do obvodu přidat ještě jeden logický prvek „nebo“ (1.12). Do tohoto prvku přichází signál buďto z časového relé, nebo z logického prvku (1.6) s řídicím signálem od ovládacích tlačítek.

Tímto zapojením jsou realizovány dva způsoby zavírání dveří. Buďto stisknutím tlačítka, na jedné či druhé straně dveří, nebo automatické zavření po uplynutí nastavené doby. Díky logickému prvku je možné dveře zavřít kdykoli, i v průběhu odpočítávání časového intervalu nastaveného na relé.

3.5 Řešení bezpečnostní funkce proti přivření cestujících

Hlavním bezpečnostním požadavkem kladeným na obvod dveří je opatření proti přivření cestujících. Uvažujeme-li, že se dveře zavřou za určitou dobu, můžeme funkci ochrany proti přivření realizovat použitím časového relé, na kterém bude nastavena doba zavírání dveří. V případě přivření cestujících, nebo výskytu překážky v dráze dveří dojde teoreticky k prodloužení doby zavírání dveří. Můžeme tedy obvod sestavit tak, aby v případě prodloužení doby zavírání dveří nad nastavený interval, došlo k automatickému přesunu dveří zpět do otevřené polohy. Jakmile se dveře začnou zavírat, začne se počítat doba, za kterou mají dojet do zavřené polohy, signalizované koncovým spínačem. Nepřestaví-li se dveře do zavřené polohy v nastaveném intervalu, budou signálem z časového relé znovu otevřeny. Získáme tím čas na opuštění dveřního prostoru, popřípadě k odstranění překážky. Dojedou-li dveře do zavřené polohy, koncový spínač se sepne, a přeruší přívod řídicího tlaku od časového relé, aby nedošlo znovu k otevření dveří. Kdyby nebyl přívod řídicího tlaku od časového relé po dosažení koncové polohy přerušen, došlo by k vytvoření cyklu zavírání a otvírání dveří. Popsané řešení je znázorněno na *Obrázek 17*.



Obrázek 17: Obvod dveří ovládaný dvěma tlačítky, s automatickým zavíráním a opatřením proti přivření cestujících.

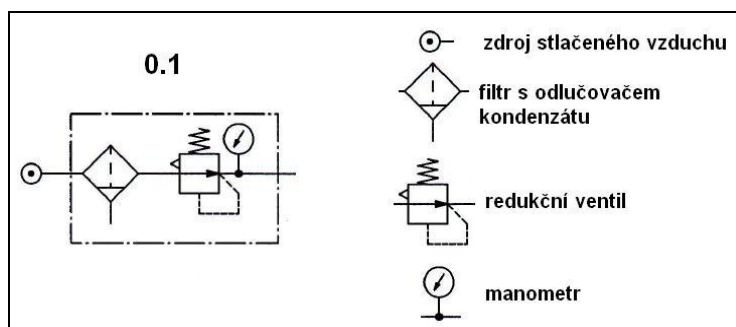
Požadavek na bezpečnostní opatření proti přivření cestujících je realizován druhým pneumatickým časovým relé (1.11) zapojeným do větve pro otvírání dveří. Aby bylo možné dveře ovládat současně i tlačítky byl použit další logický prvek „nebo“ (1.15).

Ten přestaví hlavní rozváděč do požadované polohy, buď po stisknutí jednoho z tlačítek, nebo po obdržení signálu z pneumatického časového relé. Aby nedošlo k vytvoření cyklu a samostatnému otvírání a zavírání dveří, je nutné zařadit za časové relé (1.11) rozpojovací rozváděč (1.13). Konstrukčně se jedná o bistabilní, třicestný, dvupolohový rozváděč, ovládaný pneumaticky, v základní poloze uzavřený (3/2NC). Řídicí tlak, který tento rozváděč přestaví do propustné polohy je odebírán z řídicí větve pro zavírání dveří. Jakmile je ve větvi pro zavírání dveří tlak, je rozváděč (1.13) přestaven do propustné polohy a tím umožňuje časovému relé (1.11) ovládnutí otvírání dveří. Do základní nepropustné polohy je rozpojovací rozváděč vrácen řídicím tlakem od snímače zavřené polohy dveří (1.9), který je konstrukčně stejný jako snímač otevřené polohy dveří, tudíž monostabilní, třicestný, dvupolohový rozváděč v normální poloze uzavřený, s mechanickým kontaktem, vrácený pružinou. Snímač je sepnut, když jsou dveře zavřeny. Řídicí signál od sepnutého snímače přestaví rozpojovací rozváděč (1.13) do základní nepropustné polohy, čímž je znemožněno časovému relé opětovné otevření dveří po uplynutí nastaveného časového intervalu.

3.6 Finální podoba navrženého obvodu

Navržený pneumatický obvod dveří nyní splňuje všechny funkce popsané v zadání. Je ovládán dvěma tlačítky („otevřít“, „zavřít“) na obou stranách dveří, dveře jsou automaticky zavírány po uplynutí nastaveného časového intervalu, do obvodu je začleněna funkce ochrany proti přivření. Poslední fází návrhu obvodu je zařazení společného zdroje stlačeného vzduchu s jednotkou pro jeho úpravu a přivedení tlaku k jednotlivým prvkům.

Zdrojem stlačeného vzduchu je kompresor, jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu tvoří filtr s odlučovačem kondenzátu, redukčním ventilem udržujícím konstantní hodnotu výstupního tlaku a kontrolním manometrem, schéma na *Obrázek 18*



Obrázek 18: Jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu

Na výkresech jsou prvky zdroje stlačeného vzduchu označovány pořadovým číslem za nulou s tečkou. V našem případě tvoří prvky pro úpravu stlačeného vzduchu jeden celek, který je tedy na schématickém výkrese pneumatického obvodu označen číslem (0.1).

Schématický výkres navrženého pneumatického obvodu pro otvírání a zavírání vnitřních posuvných dveří v osobních železničních vozech, vymodelovaný v programu Automation Studio, je v příloze A - (BP_CZA011 – Obvod_dveri_2_tlacitka).

3.7 Alternativní řešení realizace zadaného mechanismu

V této kapitole bych chtěl rozvést několik jiných způsobů řešení zadané problematiky, které nejsou zcela shodné se zadáním bakalářské práce, nicméně jsou v praxi hojně využívány, a mnohdy znamenají ať už konstrukční, nebo prostorové úspory a v neposlední řadě i značné zjednodušení při navrhování konkrétních konstrukcí pneumatických dveřních mechanismů.

3.7.1 Ovládání jedním tlačítkem

V tomto případě zastává jedno tlačítko na obou stranách dveří funkci jak tlačítka „otevřít“, tak tlačítka „zavřít“. Při použití jednoho tlačítka na každé straně dveří tedy dostaneme pouze jeden stejný řídicí impuls. Na rozdíl od obvodu se dvěma tlačítky nemáme po stisknutí tlačítka jednoznačný signál pro otevření nebo zavření dveří. Potřebujeme proto jakýmsi způsobem rozlišit, kdy se bude jednat o signál pro otevření a kdy o signál pro zavření dveří. K tomuto účelu poslouží snímače polohy pístnice. Budou-li dveře zavřené, bude se jednat o signál pro otevření dveří, naopak budou-li otevřené, bude se jednat o signál pro zavření dveří. Zbývá vyřešit úkol, jak sjednotit signál od koncových spínačů a signály z tlačítek. K tomuto účelu poslouží logické prvky „a“ (AND), neboli dvojitaké ventily. Logické prvky „a“ fungují tak, že pro předání výstupního signálu je potřeba přivést řídicí signál zároveň od dvou jiných prvků. V našem případě se jedná o signály z koncových spínačů polohy dveří a signály od tlačítek na dveřích. Logické prvky „a“ pak zapojíme do obou větví, jak pro otvírání tak pro zavírání dveří, a k oběma zapojíme přívod řídicího signálu od tlačítek. Podle toho, ve které poloze se dveře nacházejí, respektive, který spínač je momentálně sepnut, se budou dveře po stisknutí tlačítka buďto otvírat nebo zavírat. Popisované řešení ovládání jedním tlačítkem je zobrazeno na schématickém výkrese v příloze B - (BP_CZA011_ob2 – Obvod_dveri_1_tlacitko).

Po stisknutí jednoho z tlačítek (1.2/1.3 nebo 1.4/1.5) putuje řídicí signál do logického prvku „nebo“ (1.6/1.7). Všechny tyto tři prvky jsou označeny dvojím označením, protože mohou řídit jak vysouvání tak zasouvání pístnice pneumatického válce. Označení je prvkům přiřazováno právě na základě toho, jaký pohyb pístnice vyvozují – lichá pro zasouvání, sudá pro vysouvání pístnice. Z logického prvku je signál od tlačítek předáván do obou logických prvků, (1.11) pro otvírání dveří a (1.10) pro zavírání dveří. Druhý řídicí tlak potřebný pro vyvození výstupního signálu na logických prvcích „a“ je přiváděn od snímačů koncové polohy (1.8 nebo 1.9), které byly již v obvodu použity pro zajištění dříve zadaných funkcí. Na výstupu z obou snímačů tedy pouze sestrojíme uzly které spojíme se vstupy dvojtlačkých ventilů. Signál od tlačítka a snímače polohy (1.9) vyvodí výstupní signál na dvojtlačkém ventilu „a“ (1.11), který je dál veden do logického prvku „nebo“ (1.17) a odtud ke hlavnímu rozváděči. Analogicky se děje ve větví pro zavírání dveří kdy signál od tlačítka a koncového spínače (1.8) putuje přes dvojtlačký ventil (1.10) a logický prvek „nebo“ (1.14) až k hlavnímu rozváděči. Ten je poté přestaven. Ostatní funkce obvodu se nezměnily a byly popsány v dřívějších kapitolách.

3.7.2 Použití elektronické karty a elektronických prvků

Jak již bylo řečeno v kapitole 2., důležitou a postupem času čím dál významnější roli při navrhování pneumatických mechanismů hraje průnik elektronizace do odvětví pneumatických systémů. Ten se nese hlavně ve znamení úspory v množství použitých pneumatických prvků a také úspor v prostorovém řešení daného mechanismu.

Pokusím se nyní toto tvrzení aplikovat na mnou navržený pneumatický obvod a jednotlivé funkce nahradit teoreticky naprogramováním na elektronické, řídicí kartě. Z navrženého obvodu budu postupně odebírat všechny prvky jejichž funkci lze nahradit naprogramováním na řídicí kartě, nebo nahradit jednoduššími elektronickými prvky.

Základní pneumatický obvod lze zjednodušit na pneumatický válec se škrticími ventily pro regulaci rychlosti pohybu pístnice, který je přímo ovládán dvěma nejjednoduššími třicestnými, dvupolohovými monostabilními rozváděči, v normální poloze uzavřenými, ovládanými elektricky, elektronickou kartou. Zbytečný je v tomto případě hlavní rozváděč neboť pomocí elektronické karty bude rozváděč pro vysouvání nebo zasouvání pístnice sepnut tak dlouho, dokud nedostane signál z koncové polohy pístnice, který pohyb zastaví.

Ovládání pomocí dvou nebo i jednoho tlačítka je záležitostí pouze naprogramování zpracování signálů od tlačítek na řídicí kartě. Vzniká úspora v použití speciálních logických prvků. Další výhodou je prakticky neomezená volba polohy tlačítek přímo na dveřích, neboť je snazší dovést ke tlačítku tenký drátek pro předání signálu, než hadičku s řídicím tlakem.

Automatické zavření dveří po uplynutí nastaveného časového intervalu je rovněž možné naprogramovat na řídicí kartě. Není tím pádem třeba použít ani pneumatické časové relé, ani pneumatický snímač polohy pístnice, ani další logický prvek.

Bezpečnost proti přivření lze elektronicky realizovat pomocí fotobuňky, respektive pohybového snímače, který snímá prostor kolem dveří. Snímač je připojen k elektronické řídicí kartě, která ovládá dveře. I zde není již třeba použít pneumatické časové relé, ani rozpojovací rozváděč, ani logický prvek. Největší výhodou však je skutečnost, že v případě použití elektronického pohybového čidla nemusí dojít ke kontaktu dveří s cestujícím, zachytí-li čidlo ve snímaném prostoru pohyb, zastaví zavírání dřív, než dveře stihnou cestujícího přivřít, na rozdíl od navrženého pneumatického řešení.

Pneumatický obvod byl tímto redukován do minimální podoby. Pouze pneumatický válec a škrticí ventily pro řízení rychlosti zůstávají nezměněny. Ovládací prvky se často spojují do ovládacích desek, které mohou být vybaveny dalšími prvky (viz kap. 2.).

Elektropneumatické prvky a systémy jsou předmětem studia vyššího ročníku tohoto oboru, proto byly vlastnosti a možnosti použití těchto systémů popsány pouze obecně a nebyly detailně rozváděny.

4 Simulace funkce obvodu v programu Automation Studio a praktické ověření v laboratoři

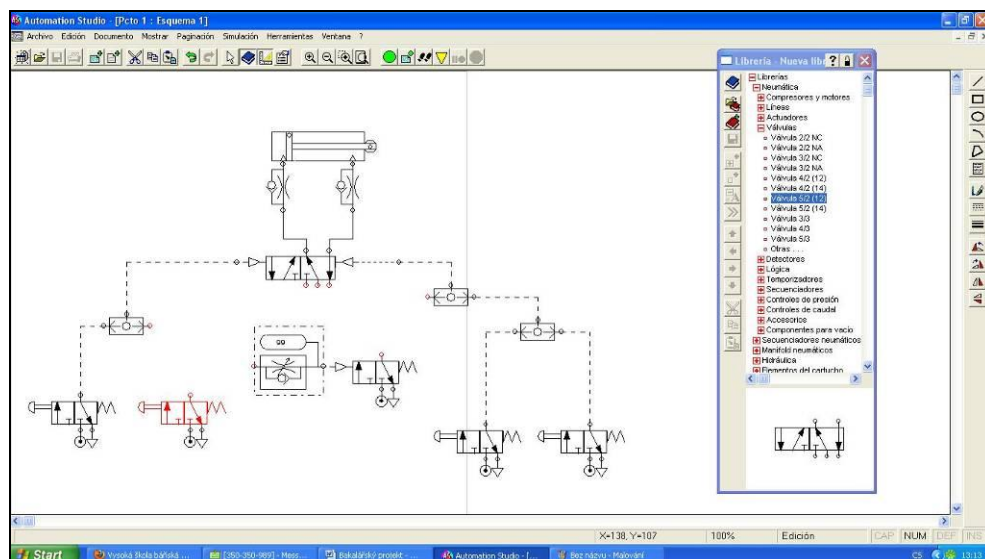
Ve školní laboratoři pneumatických mechanismů máme k dispozici jak softwarové vybavení pro navrhování pneumatických mechanismů, tak trenažéry pro praktické sestavení a odzkoušení navržených obvodů.

4.1 Simulace v programu Automation Studio

Navržený obvod jsem vykresloval pomocí programu Automation Studio. Pomocí verze Automation Studio 5.3 nainstalované na počítačích ve školní laboratoři jsem sestavil schématické výkresy navrhovaných obvodů, které jsou v příloze i schématické obrázky postupného návrhu obvodu v kapitole 3. Program Automation Studio umožňuje navrhování nejen pneumatických obvodů, ale i třeba hydraulických a dalších. Jednotlivé prvky vybíráme z knihovny, která obsahuje jak celou škálu nejběžnějších, nejčastěji používaných prvků, tak umožňuje prvky upravit, nebo navrhnout podle vlastní potřeby. Při návrhu vlastního prvku však může nastat problém při sestavování na trenažérech, neboť námi navržený speciální prvek pravděpodobně nebude součástí vybavení daného trenažéru. Příkladem je mnou navržený rozpojovací rozváděč (viz kap 3.5, prvek 1.13 na *Obrázek 17*). Jeho konstrukci jsem navrhl podle požadavků, které vznikly v průběhu návrhu. Při sestavování na trenažéru jsem však musel použít prvek jiný, který by splnil stejnou funkci. Použil jsem běžný bistabilní, pěticestný, dvoupolohový rozváděč, který byl součástí vybavení trenažéru. Aby splňoval mnou požadovanou funkci, stačilo pouze jeden pro mě zbytečný vývod zaslepit. Tímto působením jsem z běžného prvku vytvořil prvek, adekvátní ke mnou navrženému prvku speciální konstrukce (viz *Obrázek 19*). Program Automation Studio umožňuje simulaci sestaveného obvodu. Je tudíž možné obvod odzkoušet v návrhovém prostředí softwaru, ještě než se pustíme do sestavování obvodu na trenažéru.



Obrázek 19: Rozpojovací rozváděč, adekvátní konstrukce



Obrázek 20: Uživatelské prostředí programu Automation Studio

4.2 Praktické ověření sestavením obvodu v laboratoři

Navržený pneumatický obvod jsem sestavil na trenažéru firmy SMC (Obrázek 21, Obrázek 22) Příslušenstvím trenažéru je soubor běžně používaných pneumatických prvků, pomocí kterých jsem obvod sestavil. Použil jsem dvojjinný pneumatický válec, škrticí ventily pro regulaci rychlosti pohybu pístnice, dva pěticestné, dvoupolohové rozváděče, z nichž jeden jako hlavní pro řízení penumomotoru, druhý po úpravě (kap. 4.1), jako rozpojovací k vyřazení funkce časového relé, dvě časová relé, čtyři logické prvky „nebo“, dva logické prvky „a“, dva snímače polohy pístnice a čtyři tlačítka. Ke spojování jsem použil plastové hadičky a „T“ spojky. Trenažér je napojen k centrálnímu zdroji stlačeného vzduchu s možností regulovat tlak v rozmezí do 5 bar. Na sestaveném obvodu jsem odzkoušel, zda všechny funkce obvodu pracují tak jak byly navrženy. Sestrojil jsem dva obvody lišící se způsobem ovládání. První obvod s ovládáním dvěma tlačítky na každé straně dveří, podle kapitoly 3.5, a druhý obvod ovládaný jedním tlačítkem na obou stranách dveří podle kapitoly 3.7.1. Sestavené obvody jsou zobrazeny na níže uvedených obrázcích. Součástí přílohy je datový disk – příloha C, s krátkými videi, demonstrujícími splnění všech požadovaných funkcí.



Obrázek 21: Obvod ovládaný dvěma tlačítky na obou stranách dveří.



Obrázek 22: Obvod ovládaný jedním tlačítkem na obou stranách dveří.

5 Návrh a specifikace prvků

Hlavní částí návrhu a specifikace použitých prvků je výpočet pneumatického válce. Podle zadaných parametrů dveří, a tlaku zdroje stlačeného vzduchu vypočítáme průměr pístnice pneumatického přímočarého válce. Poté zvolíme podle výsledku katalogový nejbližší vyšší průměr pístu pneumomotoru.

Zadané parametry:

- hmotnost dveří - $m = 20 \text{ kg}$
- šířka dveří (zdvih) - $h = 900 \text{ mm}$
- tlak od zdroje - $p = 5 \text{ bar} = 0,5 \text{ MPa}$

5.1 Výpočet pro návrh pneumatického válce:

Nejdůležitější částí návrhu pneumatického válce je výpočet síly F , kterou musí pneumomotor vyvinout aby překonal veškeré odpory a dokázal dveřmi manipulovat. Máme zadanou hmotnost dveří 20 kg. Z této informace budeme dále vycházet. Tíhovou sílu vypočítáme podle známého vzorce (rov.1)

$F_D \dots$ tíhová síla dveří

$$F_D = m \cdot g = 20 \cdot 9,81 \cong 200N \quad \text{rov.1}$$

Vypočítaná tíhová síla F_D by ale působila zjištěnou hodnotou v případě, že by se vysouvání-zasouvání konalo ve svislém směru. Zavírání dveří však probíhá ve vodorovném směru, proto je nutné sílu F_D přepočítat pro právě toto působení. Dveře jsou zavěšeny pomocí jezdců, pohybujících se v kolejnici. Každý jezdec se skládá ze soustavy tří koleček (viz kap. 2). Z Obrázek 7 je zřejmé, že spočítaná tíhová síla dveří se rozloží na čtyři kolečka dvou jezdců. Sílu F_K zatěžující jednotlivá kolečka spočítáme podle rov.2

$$F_K = \frac{F_D}{4} = \frac{200}{4} = 50N \quad \text{rov.2}$$

Do výpočtu síly F , kterou bude pneumatický válec překonávat musíme započítat i třecí odpory. Uvažujeme pasivní odpory při valivém tření kov na kov (ocelových koleček jezdce a kolejnice), podle rov.3.

$$F_{TK} = F_K \cdot \frac{\xi}{r} \quad \text{rov.3}$$

F_{TK} ...pasivní odpory od koleček jezdce lineárního vedení

ξ ...rameno valivého odporu $\xi = 0,06 \text{ mm}$ [4]

r ...poloměr kolečka jezdce $r = 10 \text{ mm}$

Dosadíme uvedené a vypočítané hodnoty do rov.3 a vypočítáme pasivní odpory od kolečka jezdce lineárního vedení (rov.4).

$$F_{TK} = 50 \cdot \frac{0,06}{10} = 0,3 \text{ N} \quad \text{rov.4}$$

V dalším výpočtu je potřeba uvažovat kromě odporu proti valivému tření také odpor od mírného přičení dveří, tření v dolní části dveří od spodní patky pro stabilizaci po dojezdu do koncové polohy, ale i od prvků příslušenství dveří, například svislých pryžových těsnění ve stěně, do které dveře vjíždí, od stíracích proužků čistících kolejnici lineárního vedení před a za oběma jezdci apod. Hodnotu těchto přídavných odporů F_O odhaduji na přibližně 50 N.

Výsledná zátěžná síla F , působící v ose válce bude rovna součtu valivých odporů F_{TK} na všech čtyřech kolečkách jezdce a přídavných odporů F_O (rov.5).

$$F = F_{TK} + F_O = 4 \cdot 0,3 + 50 = 51,2 \text{ N} \quad \text{rov.5}$$

Potřebujeme tedy navrhnout pneumomotor, který dokáže vyvodit na pístnici sílu F . Pro zjištění průměru pístu využijeme rovnováhu sil. F_p - síla od pneumatického válce se bude rovnat výsledné zátěžné síle F (rov.6)

$$F_p = F \quad \text{rov.6}$$

Sílu od pneumomotoru na levé straně rovnice nyní rozepíšeme jako součin tlaku zdroje „p“ a plochy pístu válce „S“. Při výpočtu musíme zohlednit i pasivní odpory uvnitř pneumatického válce. Na druhé straně rovnice tedy přibude k výsledné zátěžné síle ještě síla vnitřních pasivních odporů válce proti pohybu pístnice F_{TP} (rov.7).

$$p \cdot S = F + F_{TP} \quad \text{rov.7}$$

Sílu F_{Tp} uvažujeme jako součin zátěžné síly F , kterou potřebujeme vyvodit na pístnici a součinitele pasivních odporů „ a “ (rov.8), jehož hodnotu volíme v závislosti na konstrukci pneumatického válce z intervalu 0,1 – 0,3 [1].

$$p \cdot S = F + F \cdot a \quad \text{rov.8}$$

Z rov.8 nyní úpravou získáme vzorec pro výpočet průměru pístu pneumatického válce D' (rov.10)

$$\frac{\pi \cdot D'^2}{4} = \frac{F + F \cdot a}{p} \quad \text{rov.9}$$

$$D' = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot F \cdot (1 + a)}{\pi \cdot p} \right)} \quad \text{rov.10}$$

Navrhujeme bezpístnicový pneumomotor s mechanickým převodem kovovým páskem, tudíž volím větší hodnotu součinitele „ a “, $a=0,3$. Do rovnice pro výpočet průměru pístu (rov.10) dosadíme zadané, vypočtené a zvolené hodnoty, vypočítáme předběžný průměr pístu D' . Podle katalogu výrobce pak hledáme nejbližší vyšší průměr pístu. Dosazované jednotky jsou N a MPa. Výsledek bude mít jednotku mm (rov.11).

$$D' = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 51,2 \cdot (1 + 0,3)}{\pi \cdot 0,5} \right)} = 13,02 \text{ mm} \quad \text{rov.11}$$

Nejbližší vyšší průměr pístu pneumatického válce podle katalogu firmy SMC je 16 mm. Na základě výpočtu by tedy vyhovoval pneumomotor s průměrem pístu 16 mm, vyvozující sílu 150 N. Nemám však jistotu, že zvolená hodnota přidavných odporů $F_o = 50 \text{ N}$ je adekvátní. Proto po poradě s konzultanty ze Škody Vagonky navrhuji pneumatický válec vyššího výkonu, s průměrem pístu 25 mm, vyvozující sílu až 245 N.

5.2 Volba prvků

Na základě výpočtu volím bezpístnicový, přímočarý pneumatický válec od firmy SMC, se zdvihem 900 mm. Katalogové označení SMC – MY1B25G-900. Ostatní pneumatické prvky volím taktéž z nabídky SMC [7] podle rozmezí pracovního tlaku, volím prvky z řady běžných velikostí (ne miniaturizované).

Katalogové označení prvků a základní parametry obvodu pro ovládání dvěma tlačítky podle kapitoly 3.5 jsou uvedeny v *Tabulka 1*.

Tabulka 1

Prvek	Katalogové označení	Číslo na výkrese	Pracovní tlak	Teplota média o okolí	Počet kusů
-	-	-	[MPa]	[°C]	-
Pneumatický válec	MY1B25G-900	1.0	0,15 - 0,8	od 5 do +60	1
Škrticí ventil	AS2211FPG-01-08	1.01, 1.02	0,1 - 1,0	od -5 do +60	2
5/2 rozváděč	SYJA7240-02F	1.1, 1.15	0,1 - 0,7	do 60	2
Tlačítko	EVM130-F01-30B	1.2, 1.3, 1.4, 1.5	0 - 1,0	od -5 do +60	4
Přepínací ventil "OR"	VR1210F-08	1.6, 1.7, 1.12, 1.13	0,05 - 1,0	od -5 do +60	4
Snímač polohy	EVM131-F01-01S	1.8, 1.9	0 - 1,0	od -5 do +60	2
Pneumatické časové relé	C85-CAL 12-10	1.10,1.11	0 - 1,0	od -10 do +60	2

* Schématický výkres obvodu v příloze A - BP_CZA011 Obvod_dveri_2_tlacitka

V Tabulka 2 jsou uvedena katalogová čísla a základní parametry obvodu pro ovládání dveří jedním tlačítkem, podle kapitoly 3.7.1

Tabulka 2

Prvek	Katalogové označení	Číslo na výkrese	Pracovní tlak	Teplota média o okolí	Počet kusů
-	-	-	[MPa]	[°C]	-
Pneumatický válec	MY1B25G-900	1.0	0,15 – 0,8	od 5 do +60	1
Škrticí ventil	AS2211FPG-01-08	1.01, 1.02	0,1 - 1,0	od -5 do +60	2
5/2 rozváděč	SYJA7240-02F	1.1, 1.15	0,1 - 0,7	do 60	2
Tlačítko	EVM130-F01-30B	1.2, 1.3, 1.4, 1.5	0 - 1,0	od -5 do +60	4
Dvojitkový ventil "AND"	VR1211F-06		0,05 – 1,0	od -5 do +60	2
Snímač polohy	EVM131-F01-01S	1.8, 1.9	0 - 1,0	od -5 do +60	2
Pneumatické časové relé	C85-CAL 12-10	1.12,1.13	0 - 1,0	od -10 do +60	2

* Schématický výkres obvodu v příloze B - BP_CZA011_ob2 Obvod_dveri_1_tlacitko

K rozvodu stlačeného vzduchu použijeme polyuretanové hadice o vnějším průměru 6mm pro řídicí větev, 8 mm pro výkonové větev. Spojovací prvky uvedeny v Tabulka 3.

Tabulka 3

Prvek	Označení	Tlak [MPa]	Teplota média o okolí [°C]	Počet kusů
-	-	-	-	-
Hadice - 6 mm	TU0604B-20	do 0,8	od -20 do +60	cca 20 m
Hadice - 8 mm	TU0805B-20	do 0,8	od -20 do +60	cca 20 m
Úhlová spojka - 6 mm	KQ2W06-01S	do 1,0	od -5 do +60	10
Úhlová spojka - 8 mm	KQ2V08-01S	do 1,0	od -5 do +60	4
T-spojka - 6 mm	KQ2T06-00	do 1,0	od -5 do +60	8
T-spojka - 8 mm	KQ2T08-00	do 1,0	od -5 do +60	6
T-spojka redukováná	KQ2T08-06	do 1,0	od -5 do +60	2
T-spojka se závitem	KQ2Y06-01S	do 1,0	od -5 do +60	4

6 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval návrhem pneumatického obvodu pro ovládání vnitřních oddílových dveří v železničních vozech hromadné dopravy. Navrhovaný pneumatický mechanismus měl splňovat funkce a požadavky uvedené v zadání bakalářské práce, konkrétně ovládání dveří dvěma tlačítky „otevřít“ a „zavřít“ na obou stranách dveří, automatické zavření dveří po uplynutí časového intervalu, bezpečnostní funkce proti přivření cestujících. Zabýval jsem se rovněž alternativními způsoby řešení zadané problematiky.

Při návrhu pneumatického obvodu podle zadání jsem vycházel z jednoduchého pneumatického obvodu pro vyvození přímočarého pohybu, ke kterému jsem postupně přidával prvky, zajišťující splnění požadovaných funkcí. Součástí bakalářské práce bylo i namodelování navrženého obvodu ve vhodném softwaru a praktické odzkoušení na trenažéru ve školní laboratoři pneumatických mechanismů.

Současný trend ve vývoji v oblasti pneumatických mechanismů se nese hlavně ve znamení průniku elektroniky do pneumatických systémů. Proto jsem se z části zabýval i touto problematikou. Navržený obvod podle zadání jsem se pokusil alespoň teoreticky sestavit s použitím elektronických prvků a porovnat s obvodem ryze pneumatickým. Docházím k závěru, že v závislosti na konkrétní aplikaci a pracovním prostředí daného mechanismu může kombinace elektrických a pneumatických systémů vytvořit kompaktní celek, s mnohdy lepšími vlastnostmi než samostatný mechanismus jednoho typu, když nedostatky mechanismu jednoho typu bývají vyváženy lepšími vlastnostmi mechanismu typu druhého.

Dobrým příkladem správnosti tohoto tvrzení mohou být právě pneumatické vlakové dveře. Obvod sestavený pouze z pneumatických prvků je konstrukčně značně složitější, prostorově náročnější, a co se týče seřiditelnosti obtížný a nezcela přesný. Chceme-li ekvivalentní obvod sestavit z prvků elektrických, samozřejmě to možné je, ale hned první problém nastává při volbě elektromotoru pro vyvození přímočarého pohybu. K elektromotoru běžné konstrukce musí být převod rotačního pohybu na přímočarý. Druhým недостатkem je udržení přesné polohy dveří bez speciálních dalších pojištění. Zkombinujeme-li uvedené dva typy mechanismů, získáme elektropneumatický obvod, který bude splňovat všechny základní požadavky, díky programovatelné řídicí kartě bude relativně snadno, ale hlavně přesněji seřiditelný, díky tlaku v pneumatických

vedeních i po dojezdu dveří do koncové polohy zajistí pevnou pozici dveří. Bude konstrukčně prostorově úsporný a v případě potřeby může být i na dálku ovládaný.

Myslím si, že spojení elektroniky a pneumatiky umožňuje dosažení nejlepších výsledných vlastností mechanismu v řešené problematice. Avšak mnohdy nelze požadovat pouze dosažení nejlepších vlastností, bez přihlédnutí k cenovým nárokům na konstrukci mechanismu. V běžných aplikacích je na úkor zajištění nejlepších vlastností mechanismu, nebo splnění i některých nezcela podstatných vedlejších funkcí, upřednostňována hlavně cena. Záleží pak na konkrétní aplikaci a na konstruktérovi jak mechanismus navrhne a jaké požadavky upřednostní. Měl by však být schopen najít kompromis mezi vysokými nároky na vlastnosti mechanismu a relativně nízkými výrobními náklady.

7 Seznam použité literatury

- [1] KOPÁČEK, J.; ŽÁČEK, M.; *Pneumatická zařízení strojů*. VŠB-Technická Univerzita Ostrava, 2008. Ostrava : Ediční středisko VŠB – TU Ostrava. ISBN 978-80-248-0442-2.
- [2] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy, Díl I. Pneumatické prvky a systémy*. VŠB-Technická Univerzita Ostrava, 2005. Ostrava : Ediční středisko VŠB – TU Ostrava. ISBN 80-248-0879-X.
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ.; *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
- [4] LEINVEBER J.; VÁVRA P.; *Strojnické tabulky, třetí doplněné vydání*. Albra – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7

Online katalogy:

- [5] Pars Komponenty a.s. *Dveře vnitřní posuvné – pneumatické*. Katalogové číslo 03/004 [cit.2010-02-01]. Dostupný z WWW:
<http://parskomponenty.cz/katalog.php?typ1=dvere&urceni1=vlak&kt=03_004&mutace=cz>.
- [6] Rollon. *Compact Rail :The Linear Motion Solution* [online].Cat. 41-41 bE [cit.2010-02-01]. Dostupný z WWW:
<http://www.rollon.cz/fileadmin/Kunde/PDF/catalogue_e/41_41bE_CompactRail.pdf>.
- [7] SMC CZ. *SMC katalog výrobků*. 2003-2009 [cit.2010-05-11]. Dostupný z WWW:
<<http://2009.oc.smc-cee.com/cz/index.asp>>

Firemní katalogy:

- [8] Malďák, P. *Provozní dokumentace ke dveřím 850 oddíl P typ 205*. Pars Komponenty a.s., 2001, Studénka : TD00076

8 Seznam příloh

A - BP_CZA011 Obvod_dveri_2_tlacitka

- schématický výkres obvodu pro otvírání dveří dvěma tlačítky.

B - BP_CZA011_ob2 Obvod_dveri_1_tlacitko

- schématický výkres obvodu pro ovládání dveří jedním tlačítkem.

C - Bakalářská práce – datové CD

- datové CD obsahující elektronickou podobu Bakalářské práce spolu s krátkými videi znázorňujícími funkčnost navržených obvodů po sestavení ve školní laboratoři pneumatických mechanismů.